

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05259802  
PUBLICATION DATE : 08-10-93

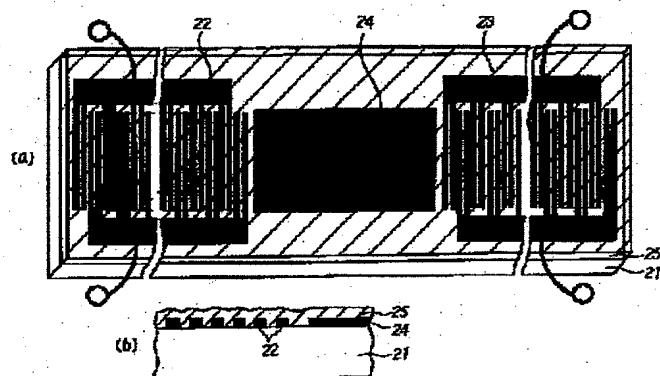
APPLICATION DATE : 16-03-92  
APPLICATION NUMBER : 04058306

APPLICANT : JAPAN ENERGY CORP;

INVENTOR : ABE SHUSUKE;

INT.CL. : H03H 9/25

TITLE : SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide the surface acoustic wave device employing a tetra lithium boride single crystal substrate and utilizing a surface acoustic wave whose propagation speed is high and whose propagation loss is small in order to attain the surface acoustic wave device treating a signal processing frequency as high as 1GHz or over.

CONSTITUTION: In the surface acoustic wave device in which a metallic film 24 used to stimulate, receive, reflect and propagate a surface acoustic wave is formed on the surface of a tetra lithium boride single crystal substrate 21, the metallic film 24 is formed in such a way that a cut-angle of the substrate 21 and a propagation direction of a surface acoustic wave are (39°-51°, 70°-110°, -20°-20°) in Euler's angle representation and its equivalent direction and an insulation film 25 is formed on the substrate 21 and the metallic film 24. No Rayleigh wave is generated in the propagation direction but only a high speed surface acoustic wave is generated, a large electromechanical coupling coefficient is realized by selecting properly the film thickness of the insulation film.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-259802

(43)公開日 平成5年(1993)10月8日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 03 H 9/25

識別記号 庁内整理番号  
C 7259-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全8頁)

(21)出願番号 特願平4-58306

(22)出願日 平成4年(1992)3月16日

(71)出願人 000231109

株式会社日鉄共石

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72)発明者 佐藤 隆裕

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本

鉄業株式会社内

(72)発明者 阿部 秀典

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本

鉄業株式会社内

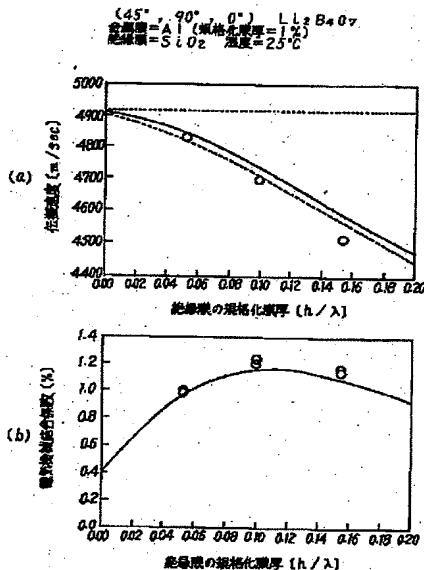
(74)代理人 弁理士 北野 好人

(54)【発明の名称】 弾性表面波装置

(57)【要約】

【目的】信号処理の対象周波数が1GHz以上の高い弾性表面波装置を可能とするために、四ほう酸リチウム単結晶基板を用いて伝搬速度が速く、かつ伝搬損失の少ない表面波を利用する弾性表面波装置を提供する。

【構成】四ほう酸リチウム単結晶基板表面に、弾性表面波を励起、受信、反射、伝搬するための金属膜が形成された弾性表面波装置において、基板の切り出し角及び弾性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で(39°~51°、70°~110°、-20°~20°)及びそれと等価な方向の範囲内になるように金属膜が形成され、基板及び金属膜上に絶縁膜が形成されている。この伝搬方向ではレイリー波が発生することなく高速な弾性表面波のみが発生し、適切な絶縁膜の膜厚を選択すれば大きな電気機械結合係数が実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 四ほう酸リチウム単結晶基板表面に、弹性表面波を励起、受信、反射、伝搬するための金属膜が形成された弹性表面波装置において、  
基板の切り出し角度及び弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で(39°～51°、70°～110°、-20°～20°)及びそれと等価な方向の範囲内になるように前記金属膜が形成されていることを特徴とする弹性表面波装置。

【請求項2】 請求項1記載の弹性表面波装置において、  
前記四ほう酸リチウム単結晶基板及び前記金属膜上に絶縁膜が形成されていることを特徴とする弹性表面波装置。

【請求項3】 請求項2記載の弹性表面波装置において、  
前記絶縁膜が二酸化ケイ素からなることを特徴とする弹性表面波装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は四ほう酸リチウム単結晶を用いた弹性表面波装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 弹性表面波装置は、電気信号を表面波に変換することで信号処理を行う回路素子であり、フィルタ、共振子、遅延線等に用いられている。通常、圧電性のある弹性体基板(圧電基板)上に樹形電極(IDT)と呼ばれる金属電極を設けることで電気信号から表面波への変換・逆変換を行っている。また、表面波としては、レイリー波と呼ばれる弹性体表面を損失なく伝搬する弹性表面波が主に用いられている。

【0003】 弹性表面波装置に用いられる基板材料として、水晶、タンタル酸リチウム(LiTaO<sub>3</sub>)等が用いられている。水晶は、温度安定性に優れるが圧電性に乏しい。他方、タンタル酸リチウムは、圧電性に優れるが温度安定性に劣っていた。近年、これらの特性をともに満たす材料として四ほう酸リチウム単結晶が注目されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、四ほう酸リチウム単結晶を基板材料に用いた弹性表面波装置においては、その信号処理の対象周波数を高くすることが困難であった。樹形電極(IDT)の電極幅及び電極間隔は、通常対象とする信号周波数に対応した弹性表面波の波長の4分の1( $\lambda/4$ )に設定される。ところが、四ほう酸リチウム単結晶上のレイリー波の伝搬速度は3400m/s.c程度であり、1GHz以上の信号周波数を対象とするためには1μm以下の電極幅及び電極間隔が必要となる。そのため、樹形電極の製造歩留まりが低下し、弹性表面波装置の製造が著しく困難となる。

【0005】 この場合、弹性表面波の音速(伝搬速度)をより高速化することで、電極幅及び電極間隔を大きくして電極の製造が容易にすることが可能となる。表面波としてレイリー波と呼ばれる弹性体の深さ方向にエネルギーを放射しながら伝搬する漏洩弹性表面波を利用することができる検討されている。一般にレイリー波は伝搬損失が大きく弹性表面波装置に利用できないが、特別な切り出し角度、伝搬方向では比較的伝搬損失が少ないため利用されている。例えば、4200m/s.cの速度の得られる36°Y-タンタル酸リチウムが知られている。

【0006】 本発明の目的は、信号処理の対象周波数が1GHz以上の高い弹性表面波装置を可能とするために、四ほう酸リチウム単結晶基板を用いて伝搬速度が速く、かつ伝搬損失の少ない表面波を利用する弹性表面波装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的は、四ほう酸リチウム単結晶基板表面に、弹性表面波を励起、受信、反射、伝搬するための金属膜が形成された弹性表面波装置において、基板の切り出し角度及び弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で(39°～51°、70°～110°、-20°～20°)及びそれと等価な方向の範囲内になるように前記金属膜が形成されていることを特徴とする弹性表面波装置によって達成される。

【0008】 また、本発明による弹性表面波装置は、四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に絶縁膜が形成されていることが望ましい。さらに、本発明による弹性表面波装置は、絶縁膜が二酸化ケイ素からなることが望ましい。

## 【0009】

【作用】 本発明の弹性表面波装置では、基板の切り出し角度及び弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で(39°～51°、70°～110°、-20°～20°)及びそれと等価な方向の範囲内になるように金属膜を形成したので、弹性表面波基板にSH波(horizontal shear-waves)型の弹性表面波が発生する。このSH波型の弹性表面波は伝搬速度が速く、伝搬損失が小さく、電気機械結合係数が大きい。また、本発明の角度範囲内ではレイリー波の発生がなくスプリアスが低い。

【0010】 また、本発明の弹性表面波装置において四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に絶縁膜を形成するようにすれば、電気機械結合係数がより大きく、位相速度が速く、伝搬損失の小さい弹性表面波装置を実現することができる。さらに、本発明の弹性表面波装置において四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に形成する絶縁膜に二酸化ケイ素を用いるようにすれば、伝搬速度の温度特性を向上させることができる。

## 【0011】

【実施例】 四ほう酸リチウム(Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>)単結晶基板表面上に金属膜を形成した場合における本発明によ

る弹性表面波（以下「本SAW」という）の特性について種々の数値シミュレーションを行った。本発明の実施例の説明の前に、そのシミュレーションの方法及び計算結果について説明する。なお、四ほう酸リチウム単結晶は点群4mmの対称性を有し、弹性表面波の特性も所定の対称性を有するので、以下の説明における方向は対称性の観点から等価の方向も含むものである。また、シミュレーションにあたって温度は室温（20°C）とした。

【0012】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属により金属膜（規格化膜厚 $h/\lambda = 1.0\%$ ）を形成し、弹性表面波の伝搬方向をオイラ角表示で（ $\phi, \theta, \psi$ ）で表わしたとき、個々の角度 $\phi, \theta, \psi$ を変化させた場合の弹性表面波の特性について計算した。その計算結果について図1乃至図6を用いて説明する。

【0013】図1及び図2は、弹性表面波伝搬方向をオイラ角表示で（ $\phi, 90^\circ, 0^\circ$ ）とし、角度 $\psi$ を変化させた場合の伝搬速度 [m/sec] と電気機械結合係数 [%] のシミュレーション結果である。図2に示すように、本SAWは $\psi$ が $39^\circ \sim 45^\circ$ の範囲において発生することがわかる。対称性を考慮すれば $\psi$ は $39^\circ \sim 51^\circ$ の範囲となる。図1に示すように、本SAWの伝搬速度は約4900m/secとレイリー波よりも高速である。また、本SAWの伝搬損失はない。なお、図2に示すように、（ $\phi, 90^\circ, 0^\circ$ ）の方向ではレイリー波の電気機械結合係数は0[%]であり、レイリー波が発生しないことがわかる。

【0014】図3及び図4は、弹性表面波伝搬方向をオイラ角表示で（ $45^\circ, \theta, 0^\circ$ ）とし、角度 $\theta$ を変化させた場合の伝搬速度 [m/sec] と電気機械結合係数 [%] のシミュレーション結果である。図4に示すように、本SAWは $\theta$ が $70^\circ \sim 90^\circ$ の範囲において発生する。対称性を考慮すれば $\theta$ が $90^\circ \sim 110^\circ$ の範囲でも発生する。図3に示すように、本SAWの伝搬速度は約4900m/secとレイリー波よりも高速である。また、本SAWの伝搬損失はない。

【0015】なお、 $\theta$ が $85^\circ \sim 90^\circ$ の範囲ではレイリー波の電気機械結合係数がほとんど零になるので、本SAWとしては $\theta$ が $85^\circ \sim 90^\circ$ の範囲が望ましい。対称性を考慮すれば $\theta$ が $85^\circ \sim 95^\circ$ の範囲が望ましい。図5及び図6は、弹性表面波伝搬方向をオイラ角表示で（ $45^\circ, 90^\circ, \psi$ ）とし、角度 $\psi$ を変化させた場合の伝搬速度 [m/sec] と電気機械結合係数 [%] のシミュレーション結果である。

【0016】図5に示すように、本SAWは $\psi$ が $0^\circ \sim 20^\circ$ の範囲において発生することがわかる。対称性を考慮すれば $\psi$ は $-20^\circ \sim 20^\circ$ の範囲となる。この角度範囲において、本SAWの伝搬速度は、図5に示すように、約4400~4900m/secとレイリー波よりも高速である。また、本SAWの伝搬損失はない。な

お、 $\psi$ が $0^\circ \sim 15^\circ$ の範囲ではレイリー波の電気機械結合係数がほとんど零になるので、本SAWとしては $\psi$ が $0^\circ \sim 15^\circ$ の範囲が望ましい。対称性を考慮すれば $\psi$ は $-15^\circ \sim 15^\circ$ の範囲となる。

【0017】これら図1乃至図6から、オイラ角表示（ $39^\circ \sim 51^\circ, 70^\circ \sim 110^\circ, -20^\circ \sim 20^\circ$ ）の範囲で伝搬損失が零で伝搬速度が約4300~4900m/sec、電気機械結合係数が約0.1~0.4%の弹性表面波（本SAW）が存在していることがわかる。図7及び図8は、本SAWの性質を確認するために、基板の深さ方向の変位分布についてのシミュレーション結果である。四ほう酸リチウム単結晶基板表面上に伝搬方向が（ $45^\circ, 90^\circ, 0^\circ$ ）になるようにアルミニウムを主成分とする金属膜（規格化膜厚 $h/\lambda = 3\%$ ）が形成された弹性表面波装置についてシミュレーションした。

【0018】図7は金属膜がopenの場合のシミュレーション結果である。横軸は波長で規格化した規格化変位量であり、縦軸は波長で規格化した基板表面からの規格化深さである。弹性表面波の伝搬速度は4877m/secであり、電気機械結合係数は0.91%であり、1波長当たりの伝搬損失は0dBである。図8は金属膜がshortの場合のシミュレーション結果である。弹性表面波の伝搬速度は4855m/secであり、電気機械結合係数は0.91%であり、1波長当たりの伝搬損失は0dBである。

【0019】図7及び図8に示すように、本SAWの変位は基板表面に近くなるほど大きくなり、SH(horizontal shear)成分がほとんどあるSH波型の弹性表面波であることがわかる。次に、四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属により金属膜（規格化膜厚 $h/\lambda = 1.0\%$ ）を、弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で（ $45^\circ, 90^\circ, 0^\circ$ ）となるように形成し、四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に絶縁膜として二酸化ケイ素膜を形成した場合に、二酸化ケイ素膜の膜厚を変化させた場合の弹性表面波の特性について計算した。その計算結果について図9及び図10を用いて説明する。

【0020】図9(a), (b) は二酸化ケイ素膜の規格化膜厚 $h/\lambda$ に対する本SAWの伝搬速度 [m/sec] と電気機械結合係数 [%] のシミュレーション結果であり、図10は群遅延時間の温度係数 [ppm/°C] のシミュレーション結果である。図9(a)に示すように、二酸化ケイ素膜が厚くなると本SAWの伝搬速度は徐々に遅くなるが、図9(b)に示すように、二酸化ケイ素膜の規格化膜厚が5~35%の範囲内で、本SAWの電気機械結合係数が大きくなる。また、本シミュレーションによれば、本SAWの伝搬損失はない。さらに、図10に示すように、二酸化ケイ素膜の規格化膜厚が1.0~2.5%の範囲内で、本SAWの温度係数が20ppm

$m/\text{°C}$ 以内と小さくなる。

【0021】これら図9及び図10から、四ほう酸リチウム単結晶基板の切り出し角度及び弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示（ $39^{\circ} \sim 51^{\circ}$ 、 $70^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 、 $-20^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ）の範囲内になるように金属膜を形成し、その上に絶縁膜を形成すれば、伝搬速度が早く、伝搬損失の小さい弹性表面波装置を実現することができる。また、二酸化ケイ素膜の規格化膜厚が $5 \sim 25\%$ の範囲内では大きな電気機械結合係数を得ることができ、広帯域化を実現することができる。さらに、二酸化ケイ素膜の規格化膜厚が $10 \sim 25\%$ の範囲内では大きな電気機械結合係数が得られる上に弹性表面波の伝搬速度の温度係数を非常に小さくすることができる。

【0022】なお、上記シミュレーションでは絶縁膜に二酸化ケイ素を用いたが、二酸化ケイ素以外の他の絶縁材料、例えば、SiO<sub>x</sub>、PGS（リンケイ酸ガラス）等を用いてもよい。次に、本発明の一実施例による弹性表面波装置を図11乃至図13を用いて説明する。

【0023】図11（a）は本実施例の弹性表面波装置を上方からみた斜視図であり、図11（b）は本実施例の弹性表面波装置の要部の断面図である。本実施例の弹性表面波装置は、図11に示すように、表面が（110）面である四ほう酸リチウム単結晶からなる圧電基板21上に、電極線幅 $/8$ のダブルインタディジタル型電極からなる入力樹形電極22と出力樹形電極23が形成され、これら入力樹形電極22と出力樹形電極23間の伝搬路領域に金属膜24が形成され、全面に絶縁膜25が形成されたトランスピーサル型フィルタである。

入力樹形電極22と出力樹形電極23は、それぞれ20対で、周期 $8\mu\text{m}$ （電極線幅 $1\mu\text{m}$ ）、開口長 $400\mu\text{m}$ であり、弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で（ $45^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、 $0^{\circ}$ ）になるような向きに形成されている。電極22、23及び金属膜24はアルミニウム（A1）により形成され、膜厚は $8.0\text{ nm}$ （規格化膜厚として $1.0\%$ ）である。絶縁膜25は二酸化ケイ素により形成されている。

【0024】絶縁膜25の膜厚を、規格化膜厚が $5\%$ 、 $10\%$ 、 $15\%$ と変化させた場合の伝搬速度、電気機械結合係数、及び群遅延時間の温度特性の測定結果を計算結果と合わせて、図12及び図13に示す。図12（a）、（b）は本SAWの伝搬速度 [ $\text{m}/\text{s sec}$ ] と電気機械結合係数 [%] の測定結果であり、図13は本SAWの群遅延時間の温度係数 [ $\text{ppm}/\text{°C}$ ] の測定結果である。

【0025】これらの測定にあたっては、伝搬速度は通過特性の中心周波数より測定し、電気機械結合係数は樹形電極22、23の放射アドミッタンスより測定し、温度係数は通過特性の位相の温度特性により測定した。図12及び図13に示すように、これら測定結果は計算結果とよく一致している。絶縁膜25の膜厚を波長で割つ

た規格化膜厚が $15\%$ の時、伝搬速度が $4500\text{ m/sec}$ と速く、電気機械結合係数が約 $1.2\%$ と大きく、温度係数が約 $+5\text{ ppm}/\text{°C}$ と小さい弹性表面波装置が実現できた。

【0026】本発明は上記実施例に限らず種々の変形が可能である。例えば、上記実施例ではアルミニウムからなる金属膜を用いたが、圧電基板表面にチタン、タングステン、モリブデン、アルミニウム等の金属薄膜を形成し、この金属薄膜上にアルミニウム又は金を主成分とする合金からなる金属膜を形成してもよい。圧電基板に対する金属膜の密着性を向上させることができる。

【0027】また、上記実施例では弹性表面波フィルタを例として説明したが、その他の弹性表面波装置でもよい。例えば、圧電基板上にインタディジタル型電極からなる端子電極を一对のグレーティング反射器により挟んで構成した弹性表面波共振子や、弹性表面波ディレイラインに本発明を適用してもよい。

【0028】

【発明の効果】以上通り、本発明によれば、四ほう酸リチウム単結晶基板の切り出し角度及び弹性表面波の伝搬方向がオイラ角表示で（ $39^{\circ} \sim 51^{\circ}$ 、 $70^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 、 $-20^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ）の範囲内になるように金属膜を形成したので、伝搬速度が早く、電気機械結合係数の大きい弹性表面波装置を実現することができる。

【0029】また、本発明の弹性表面波装置において四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に絶縁膜を形成するようにすれば、電気機械結合係数がより大きく、位相速度が速く、伝搬損失の小さい弹性表面波装置を実現することができる。特に、絶縁膜の規格化膜厚を $5 \sim 35\%$ の範囲内にすれば電気機械結合係数を上昇させることができる。

【0030】さらに、本発明の弹性表面波装置において四ほう酸リチウム単結晶基板及び金属膜上に形成する絶縁膜に二酸化ケイ素を用いるようにすれば、伝搬速度の温度特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向（ $\phi$ 、 $90^{\circ}$ 、 $0^{\circ}$ ）の角度 $\phi$ を変化させた場合の伝搬速度のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図2】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向（ $\phi$ 、 $90^{\circ}$ 、 $0^{\circ}$ ）の角度 $\phi$ を変化させた場合の電気機械結合係数のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図3】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向（ $45^{\circ}$ 、 $\theta$ 、 $0^{\circ}$ ）の角度 $\theta$ を変化させた場合の伝搬速度のシミュレーション結果を示す

グラフである。

【図4】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向(45°、θ、0°)の角度θを変化させた場合の電気機械結合係数のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図5】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向(45°、90°、φ)の角度φを変化させた場合の伝搬速度のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図6】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、伝搬方向(45°、90°、φ)の角度φを変化させた場合の電気機械結合係数のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図7】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上に伝搬方向が(45°、90°、0°)になるようにアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、金属膜がopenの場合の基板の深さ方向の変位分布のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図8】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上に伝搬方向が(45°、90°、0°)になるようにアルミニウムを主成分とする金属膜が形成された弹性表面波装置において、金属膜がshortの場合の基板の深さ方向の変位分布のシミュレーション結果を示すグラフである。

10  
10  
20

【図9】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成され、基板及び金属膜上に二酸化ケイ素膜が形成された弹性表面波装置において、二酸化ケイ素膜の膜厚を変化させた場合の伝搬速度と電気機械結合係数のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図10】四ほう酸リチウム単結晶基板表面上にアルミニウムを主成分とする金属膜が形成され、基板及び金属膜上に二酸化ケイ素膜が形成された弹性表面波装置において、二酸化ケイ素膜の膜厚を変化させた場合の群遅延時間の温度係数のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図11】本発明の一実施例による弹性表面波装置を示す図である。

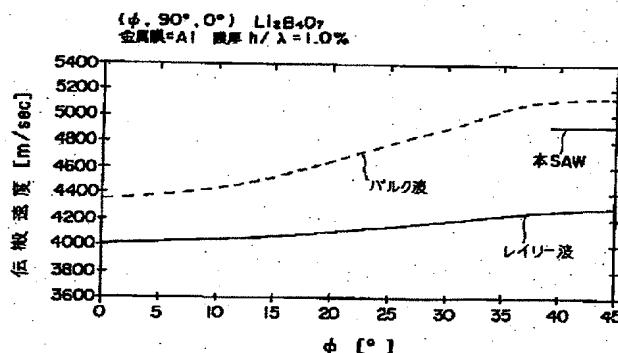
【図12】本発明の一実施例による弹性表面波装置における絶縁膜の規格化膜厚を変化させた場合の伝搬速度と電気機械結合係数の測定結果を示すグラフである。

【図13】本発明の一実施例による弹性表面波装置における絶縁膜の規格化膜厚を変化させた場合の群遅延時間の温度係数の測定結果を示すグラフである。

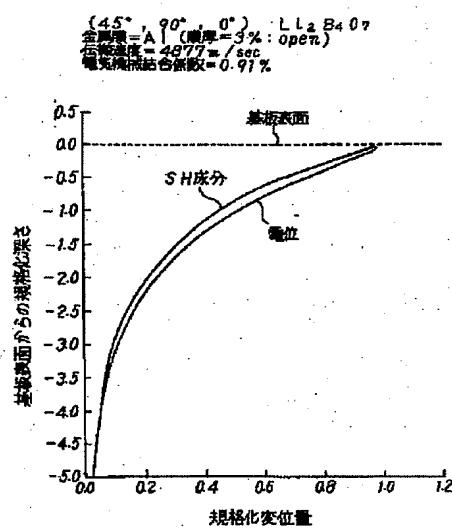
#### 【符号の説明】

- 2 1 … 壓電基板
- 2 2 … 入力樹形電極
- 2 3 … 出力樹形電極
- 2 4 … 金属膜
- 2 5 … 絶縁膜

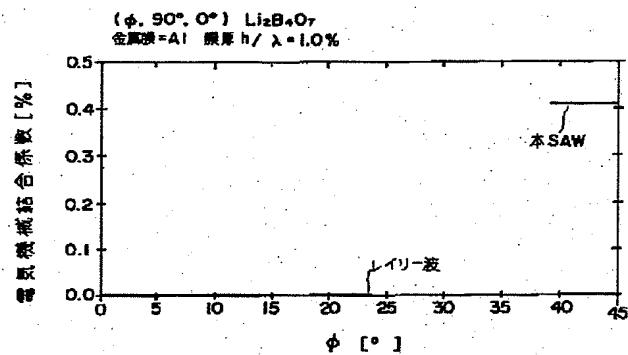
【図1】



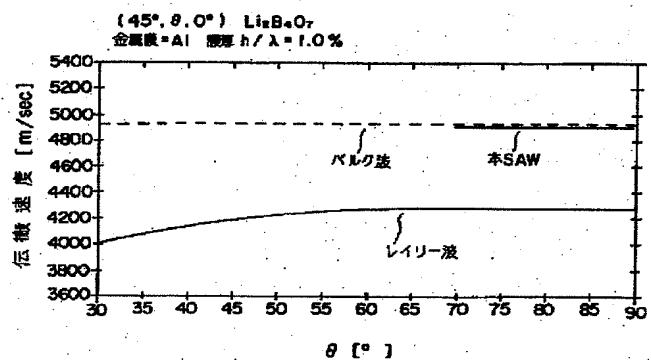
【図7】



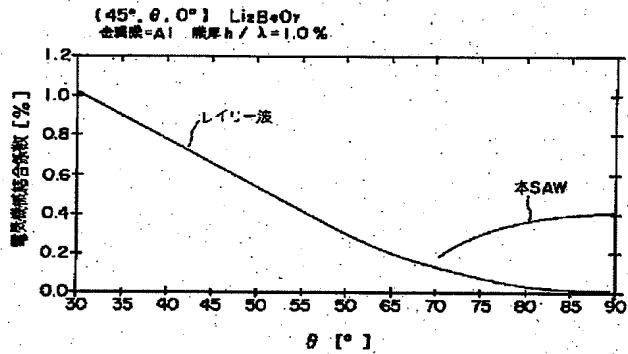
【図2】



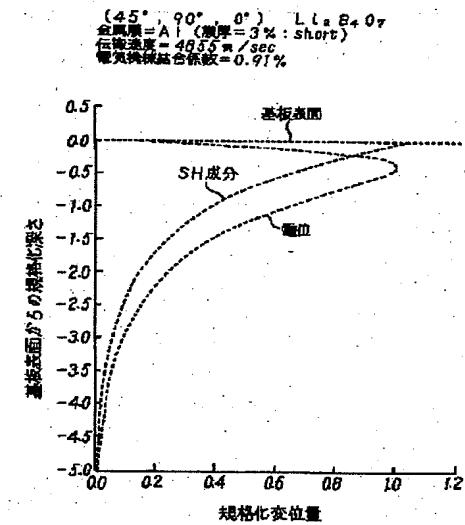
【図3】



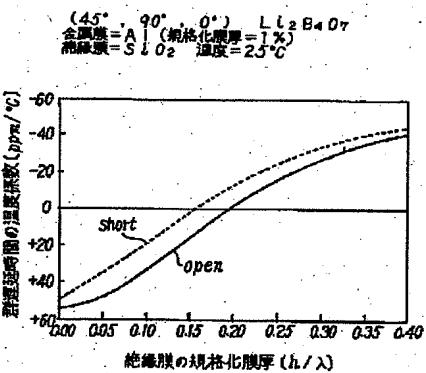
【図4】



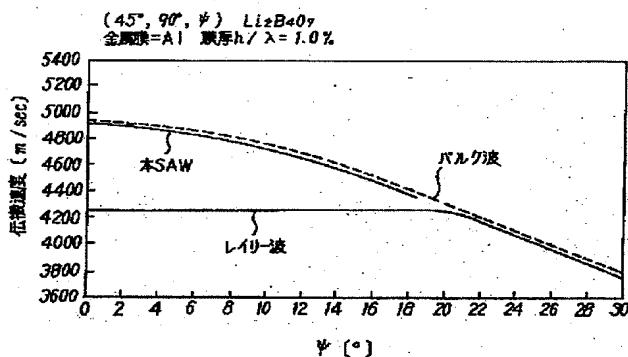
【図8】



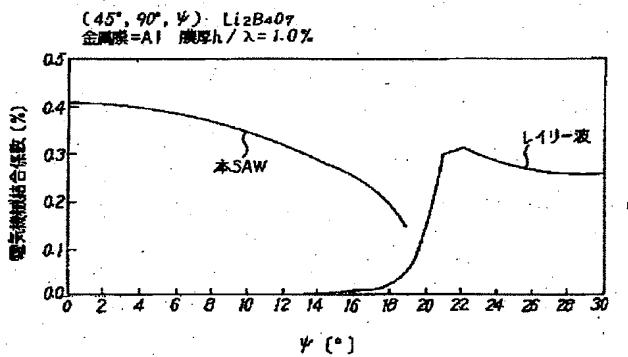
【図10】



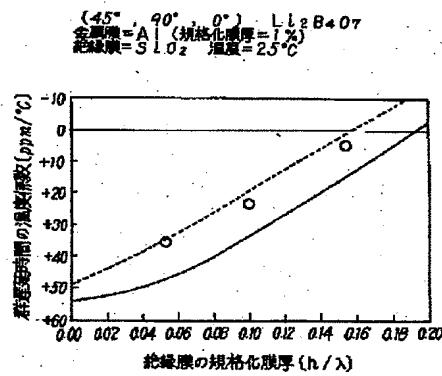
【図5】



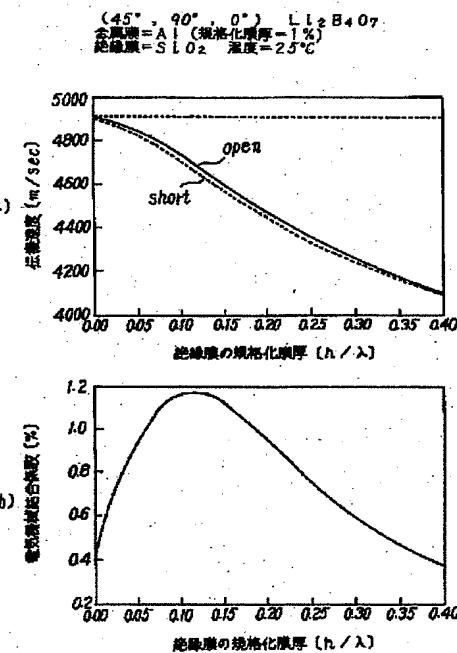
【図6】



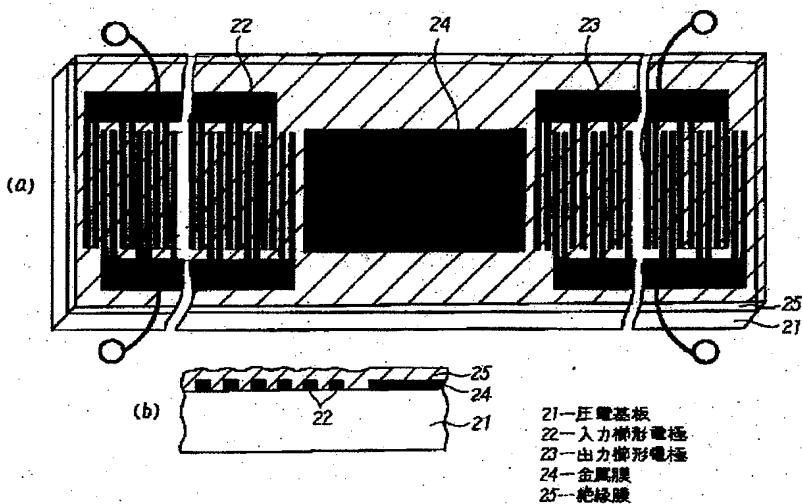
【図13】



【図9】



【図11】



【図12】

